Octrooiraad

[10] A **Terinzagelegging** [11] **7512522**

Nederland [19] NL

[54] **Roosterplaat voor een brandstofelement.**

[51] Int Cl² · G21C3/34.

[71] Aanvrager: The Babcock & Wilcox Company te New York.

[74] Gem : Ir. F.X. Noz c.s.
Algemeen Octrooibureau
Boschdijk 155
Eindhoven.

[21] Aanvrage Nr 7512522.

[22] Ingediend 27 oktober 1975.

[32] Voorrang vanaf 3 maart 1975.

[33] Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).

[31] Nummer van de voorrangsaanvrage: 554874.

[23] - -

[61] - -

[62] - -

[43] Ter inzage gelegd 7 september 1976

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Aanvrager: The Babcock & Wilcox Company, New York, New York,
Verenigde Staten van Amerika

Korte aanduiding: Roosterplaat voor een brandstofelement.

De uitvinding heeft betrekking op een roosterplaat voor een brandstofelement resp. op een roostercelconstructie voor een brandstofelement alsmede op een werkwijze voor het regelen van de drukval van het koelmiddel.

De uitvinding heeft in het bijzonder betrekking op kernreactorinrichtingen en nog meer in het bijzonder op een werkwijze en een inrichting voor het regelen van de drukval van het medium binnen een kernreactorbrandstofelement en dergelijke.

Om bruikbare energie met behulp van een kernreactor op te wekken is het noodzakelijk dat een voldoende hoeveelheid splijtbaar materiaal of kernbrandstof wordt geaccumuleerd in een betrekkelijk kleine ruimte welke bekend is als de "reactorkern". Gewoonlijk is een reactorkern voorzien van een reeks dunwandige metalen buizen waarin zich bolletjes uraniumdioxyde bevinden of een ander geschikt kernbrandstofmateriaal. Deze met brandstof geladen buizen worden meestal aangeduid als "brandstofstaven". Met het oog op de brandstofvoorziening en het vormen van een constructieve eenheid worden groepen van deze brandstofstaven binnen de kern samengevoegd tot brandstofelementen. Brandstofelementfittingen grijpen de afzonderlijke staven en houden de staven op een juiste afstand van elkaar. Deze fittingen handhaven een ruimte tussen de brandstofstaven waardoor water onder druk of een ander daartoe geschikt werkmedium door de reactorkern kan stromen en warmte van de staven kan opnemen.

De geabsorbeerde warmte wordt vervolgens natuurlijk omgezet in bruikbare energie.

Nadat een jaar of langer energie is opgewekt, is een zodanige hoeveelheid kernbrandstof binnen de staven verbruikt dat een aantal van de "verbruikte" brandstofelementen van de kern moet worden verwijderd en vervangen door nieuwe brandstofelementen.

Natuurlijk is het belangrijk dat de brandstofelementen in deze

"opnieuw geladen kern" alle meest recente technische voordelen en verbeteringen moeten inhouden, terwijl deze niettegenstaande dit gelijke nucleaire, thermische en hydraulische eigenschappen moeten hebben als de eerdere brandstofelementen welke moeten worden vervangen. Dit probleem wordt verder vergroot door de mogelijkheid dat de leverancier van de "nieuwe kernlading" niet noodzakelijk dezelfde behoeft te zijn als de fabrikant welke de brandstofelementen heeft vervaardigd welke nu worden vervangen. Onder deze omstandigheden zullen de moeilijkheden met het oog op het in overeenstemming brengen van de operationele kenmerken van de brandstofelementen, welke zijn gebaseerd op totaal verschillende ontwerpprincipes, nog meer toenemen.

Bovendien is er de eis dat de constructieve eenheid van de brandstofelementen ten alle tijde is verzekerd. Een aantal pogingen zijn ondernomen om een bevredigend antwoord te vinden op de problemen met betrekking tot de eis van voldoende sterkte van de brandstofelementen. In vele gevallen zijn de brandstofstaven in het gegeven brandstofelement geplaatst binnen dwarsgelegen brandstofelementroosters. Meestal zijn deze roosters voorzien van een reeks loodrechte wederzijds in elkaar grijpende vlakke platen welke afzonderlijke cellen vormen. Binnen deze cellen zijn de brandstofstaven opgenomen. Nokken, welke uitsteken vanaf de platen, zijn in aangrijping met de aangrenzende oppervlakken van de brandstofstaven en ondersteunen de staven tegen de teweeggebrachte hydraulische en thermische krachten waaraan de brandstofstaven zijn onderworpen.

De vereiste sterkte van een brandstofelementrooster onder deze omstandigheden moet worden afgewogen tegenover de eis van het tot een absoluut minimum beperken van alle materialen in de reactorkern welke niet rechtstreeks bijdragen aan het splijtingsproces. Deze laatste eis is gebaseerd op de nogal duidelijke overweging dat de mogelijkheid van het teweegbrengen van ongewenst boorsel ("debris") in de reactorkern in zekere zin in verband staat met de materiaalmassa welke zich binnen de kern bevindt.

Een andere en enigzins meer subtiele reden voor het doen afnemen van het constructieve kernmateriaal betreft het parasiterende effect dat deze materialen uitoefenen op de neutronen in de reactor qua getal. Met betrekking hiertoe wordt opgemerkt dat neutronen welke door een splijtende uraniumkern

213342

worden afgegeven, worden opgenomen door andere uraniumkernen met het gevolg dat deze kernen op hun beurt gaan splijten en daarbij energie en nog meer neutronen vrijgeven. Deze opeenvolgende tweede generaties neutronen gaan door met het verbreiden van het splijtingsproces. Het neutronenbehoud is belangrijk voor de economische werking van de reactor omdat verloren gegane neutronen verlies betekenen van splijtbaar materiaal of brandstof. Aldus betekenen neutronen welke zijn geabsorbeerd in niet-splijtbare reactorkernmaterialen een verlies en een inefficiënte werking.

Dientengevolge wordt de leverancier van de brandstofelementen en in het bijzonder een leverancier welke een nieuwe kernreactorlading levert geplaatst voor de taak om een oplossing te vinden voor een aantal moeilijke en essentiële conflictproblemen. Onder deze omstandigheden moeten de hydrodynamische karakteristieken van de toe te passen brandstofelementen overeenstemmen met de van de te vervangen units. Deze overeenstemming- en in het bijzonder als de drukval van het reactorkoelmiddel door de eerdere brandstofelementen groter is dan het drukverlies of de "drukval" inherent aan de vervangende roosterconstructie - moet verkregen worden zonder dat parasiterende neutronabsorberende materialen of mogelijke bronnen van boorsel in de reactorkern worden gebracht.

Met het oog op de sterkte van het rooster moet nog opgemerkt worden, dat de praktijk van het toevoegen van een paneel of een extra metaaldikte aan de centrale delen van het oppervlak van de afzonderlijke cellen constructief in feite niet zal voldoen, omdat de zwakste punten in de celconstructie de hoeken blijken te zijn welke worden gevormd door de in elkaar grijpende platen. Deze panelen hebben verder het nadeel dat zij de plaatselijke koelmiddelstromingsomstandigheden verstoren zodanig dat z.g. "hot spots" ontstaan, of kleine gebieden met een exceptioneel hoge temperatuur als een gevolg van een blokkering van het koelmiddel. De potentiële aanwezigheid van deze "hot spots" en hun mogelijk destructieve effect verplichten, dat de reactorconstructie op een aanzienlijk lager energieniveau moet werken dan dit het geval zou zijn bij de afwezigheid van deze abnormale plaatselijke temperaturen.

Dienovereenkomstig bestaat er een behoefte te voorzien in een brand-

stofelement dat niet alleen sterk is, maar dat eveneens kan worden aangepast voor het teweegbrengen van een voorafbepaalde drukval van het koelmiddel zonder dat parasiterende constructiedelen aan de reactorkern worden toegevoegd.

Deze en andere problemen, welke kenmerkend zijn voor de bekende roosterplaten, worden in belangrijke mate door de uitvinding geëlimineerd, welke onder meer hierdoor wordt gekenmerkt, dat de roosterplaat voor een brandstofelement is voorzien van een nagenoeg vlakke metalen plaat, waarbij deze plaat is voorzien van een paar nagenoeg evenwijdige dwarsranden, ten minste een nok welke uitsteekt vanaf het oppervlak van de plaat en van ten minste een in het oppervlak van de plaat gevormde golfvormige uitstulping, waarbij deze uitstulping nagenoeg evenwijdig is aan en is gelegen tussen de dwarsranden.

Aldus zijn in de oppervlakken van de roosterplaten voor het brandstofelement een of meer dwars gelegen golfvormige uitstulpingen gedrukt. Deze uitstulpingen vergroten de fysische sterkte van de roosters, zodat een rooster met een gelijkwaardige sterkte wordt verkregen met behulp van metaal van een betrekkelijk dun kaliber of de roosterplaten bij een zelfde dikte een grotere sterkte hebben. De golfvormige uitstulpingen vormen verder een leivlak ("baffle") binnen de roostercellen dat een drukval van het koelmiddel tot gevolg heeft zonder het risico van het ontstaan van "hot spots". De specifieke drukval welke de constructie veroorzaakt kan bovendien worden geselecteerd door een geschikte keuze qua aantal en diepte van de uitstulpingen in elke cel.

Met behulp van de uitvinding kan een overeenstemming worden bereikt van de hydrodynamische karakteristieken van een te vervangen brandstofelement voor een reactorkern met de corresponderende karakteristieken van elk toe te passen brandstofelement van een geheel andere constructie. Bovendien wordt deze hydrodynamische overeenstemming verkregen op een wijze waarbij geen aanvullende parasiterende materialen in de reactorkern worden gebracht, terwijl in feite de brandstofelementroosterconstructie bij een gegeven dikte van de roosterplaat wordt versterkt.

De verschillende kenmerken van de uitvinding zijn in het bijzonder in

de bijgaande conclusies vermeld en maken deel uit van deze beschrijving. Voor een beter begrip van de uitvinding, zijn operationele voordelen en de specifieke doelen welke door de toepassing hiervan kunnen worden bereikt, wordt verwezen naar de bijgaande tekening en de beschrijving waarin een voorkeursuitvoeringsvorm van de uitvinding is weergegeven en wordt beschreven.

In deze tekeningen is:

fig. 1 een vóóraanzicht van een gedeelte van een roosterplaat voor een brandstofelement overeenkomstig de uitvinding;

fig. 2 een zij-aanzicht van de roosterplaat van het brandstofelement volgens de lijn 2-2 van fig. 1, gezien in de richting van de pijlen; en

fig. 3 een bovenaanzicht van een roostercel van een brandstofelement overeenkomstig de uitvinding.

In fig. 1 is een plaat 10 voor een toepassing in een brandstofelement-rooster van een kernreactor weergegeven. De plaat 10 is vervaardigd van een nagenoeg vlakke plaat Inconel of een ander geschikt materiaal, waarbij de plaat is voorzien van nokken 11, 12 welke uitsteken vanaf het oppervlak van de plaat 10 aan de tegenover elkaar gelegen dwarsgerichte plaatranden 13,14. De nokken 11, 12 steken uit het vlak van de tekening en in een richting welke is afgekeerd van de tekeninglezer. Een andere nok 15 is gevormd in het dwarsgerichte middenvlak van de plaat 10 en steekt uit vanaf het vlak van de tekening in een richting naar de tekeninglezer toe. Zoals duidelijker is weergegeven in fig. 2, is de nok 15 naar voren doorgebogen aan de voorste rand van een ondiepe V 16 welke in de plaat 10 is gedrukt.

In overeenstemming met het kenmerk van de uitvinding, en weergegeven inde fig. 1 en 2, zijn golfvormige uitstulpingen 17, 20, gedrukt of op een andere wijze gevormd in het oppervlak van de plaat 10. De uitstulpingen 17, 20 zijn in een richting gelegen welke nagenoeg evenwijdig is aan het dwarsgelegen middenvlak van de plaat 10 en zijn op korte afstand, binnen de resp. nokken 11, 12 aangebracht.

Bij een typerende roosterplaat zijn de golfvormige uitstulpingen 17, 20 ongeveer 3/8" lang en steken in beide richtingen ongeveer .020" uit buiten de oppervlakken aan weerszijden van de plaat 10. Verder is de breedte van elke uitstulping 17, 20, weergegeven in de fig. 1 en 2, ongeveer .120". Natuurlijk,

indien een grotere drukval van het koelmiddel in de brandstofelementroosterconstructie gewenst is, kunnen de uitstulpingen 17, 20 dieper in de plaat 10 worden gedrukt, teneinde een grotere afstand tot het roosterplaatoppervlak te verkrijgen en daarbij een groter lei-oppervlak hebben voor het koelmiddel dat door de roosterconstructie stroomt. Omgekeerd, indien een kleinere drukval van het koelmiddel in de roosterconstructie is gewenst, moeten de golfvormige uitstulpingen 17, 20 minder diep in de plaat 10 worden gedrukt.

De diepte van de uitstulpingen 17, 20, voor het bereiken van een specifieke drukval voor een bepaalde kernreactor, hangt af van een aantal variabelen, waarvan typerend zijn het aantal roosters in de reactorkern, de koelmiddelstromingssnelheid en dergelijke. Met het oog hierop, voor het bepalen van de diepte van de uitstulpingen welke geschikt zijn voor een bepaalde reactor, kunnen een aantal platen worden vervaardigd, elk voorzien van een uitstulping of van uitstulpingen met een verschillende diepte. Deze monsters kunnen vervolgens worden onderworpen aan stromingsproeven onder reactorbedrijfsomstandigheden teneinde de drukval vast te stellen welke behoort bij elke uitstulpingsdiepte. Met behulp van deze gegevens kan de meest geschikte uitstulpingsdiepte worden uitgekozen om de gewenste drukval teweeg te brengen.

De golfvormige uitstulpingen 17, 20 zorgen niet alleen voor een grotere beschikbare flexibiliteit voor nucleaire reactorkernconstructies met het oog op de hydrodynamische kenmerken, maar de uitstulpingen versterken ook de roosterconstructie op een wijze welke karakteristiek is voor gegolfde materialen.

Een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding is weergegeven in fig. 3. Een brandstofelementroostercel 21, zoals is weergegeven, is gevormd met behulp van delen van vier in elkaar grijpende roosterplaten 22, 23, 24, 25, waarbij de evenwijdige paren platen 22, 24 en 23, 25 elkaar kruisen voor het vormen van de rechte hoeken van de cel 21. Nokken 26, 27, gevormd in de randen van de platen 22 resp. 23, welke nokken zich bevinden in het vlak van fig. 3, zijn in aangrijping met en grijpen het buitenoppervlak van een kernbrandstofstaaf 30. Beneden het vlak van de tekening en van daaruit uitstekend vanaf het

dwarsgelegen middenvlak van cel 21 zijn nokken 31, 32 gevormd in de platen 24, 25, die eveneens in aangrijping zijn met het oppervlak van de brandstofstaaf 30.

In overeenstemming met een verder kenmerk van de uitvinding, steken golfvormige uitstulpingen 33, 34, 35, 36 uit vanaf de oppervlakken van de platen resp. 22, 23, 24, 25 in de richting van het midden van de cel 21. Zoals in de tekening is weergegeven, zijn de uitstulpingen in de plaatoppervlakken gedrukt tot juist onder het niveau van de nokken 26, 27. De uitstulpingen zijn bovendien zodanig gevormd, dat deze verder de sterkte van de hoeken 37, 40, 41, 42 van de cel 21 vergroten. De uitstulpingen 33, 35, welke zijn gevormd in de roosterplaten 22, 24, strekken zich bijvoorbeeld langs de gehele dwarsbreedte van de cel 21 uit en zijn voorzien van bolachtige dwarsgerichte uiteinden 43, 44, resp. 45, 46, welke uitsteken in de cel en zorgen voor het versterken van de hoeken 37, 40, 41, 42. Dwarsgerichte bolachtige uiteinden 47, 50 en 51, 52 van de uitstulpingen 34 resp. 36, steken minder ver uit vanaf de oppervlakken van de roosterplaten 23, 25 dan de corresponderende uiteinden van de platen 22, 24. De uiteinden 47, 50, 51, 52 hebben echter een vorm welke de aangrenzende bolachtige uiteinden, gevormd in de hoek-ondersteunende uitstulpingen 33, 35, completeren.

Verder wordt nog opgemerkt, dat de tussengelegen delen 53, 54, 55, 56 van alle golfvormige uitstulpingen 33, 34, 35, 36 niet zo ver in de roostercel 21 uitsteken als de bolachtige uiteinden zoals hierboven beschreven. Met het oog hierop wordt de aandacht gevestigd op de boogvormige overgang van deze tussengelegen delen op de afzonderlijke uiteinden.

Er zijn natuurlijk een aantal golfvormige profielen mogelijk welke het doorslaan en daarbij het verzwakken van de roosterplaatconstructie voorkomen, welke eveneens voldoen aan de industriële behoeften in overeenstemming met de beginselen van de uitvinding. De specifieke plaats van de golfvormige uitstulping op een brandstofelementroosterplaat kan worden gewijzigd in overeenstemming met de eisen qua roostersterkte en drukval van het koelmiddel.

In het kort samengevat voorziet de uitvinding in een uitvoeringsvorm waarbij een of meer golfvormige uitstulpingen in het oppervlak van een brandstofelementrooster voor een kernreactor zijn gevormd. De uitstulping vergroot niet alleen de sterkte van de roosterplaat waarin deze uitstulping is gevormd,

maar hierdoor wordt tevens voorzien in eenvoudige en geschikte middelen voor het regelen van de drukval van het reactorkoelmiddel via een geschikte keuze van de uitstulpingsdiepte.

7512552

CONCLUSIES.

1. Roosterplaat voor een brandstofelement voorzien van een nagenoeg vlakke metalen plaat, waarbij deze plaat is voorzien van een paar nagenoeg evenwijdige dwarsranden, ten minste een nok welke uitsteekt vanaf het oppervlak van de plaat en van ten minste één in het oppervlak van de plaat gevormde golfvormige uitstulping, waarbij deze uitstulping nagenoeg evenwijdig is aan en is gelegen tussen de dwarsranden.

2. Plaat volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de golfvormige uitstulping verder is voorzien van bolachtige uitsteeksels welke zich uitstrekken vanaf het oppervlak van de plaat aan de uiteinden van de uitstulping, en van een tussengelegen golfvormig gedeelte dat de bolachtige uitsteeksels verbindt, waarbij de bolachtige uitsteeksels zich uitstrekken vanaf het oppervlak van de plaat over afstanden welke groter zijn dan van het tussengelegen golfvormige gedeelte.

3. Roostercelconstructie voor een brandstofelement voorzien van een aantal eerste nagenoeg evenwijdige platen en van een aantal andere nagenoeg evenwijdige platen loodrecht op en gekoppeld aan het aantal eerste platen voor het vormen van een reeks rechthoekige cellen, terwijl nokken uitsteken vanaf de oppervlakken van ten minste een van deze platen in de cellen en golfvormige uitstulpingen zijn gevormd of aangebracht in ten minste een van deze platen welke uitsteken vanaf de plaatoppervlakken in de resp. cellen tot op een vooraf bepaalde afstand.

4. Werkwijze voor het regelen van de drukval van het koelmiddel door en het verstijven van de platen in een brandstofelementroosterconstructie voor een kernreactor, waarbij deze werkwijze bestaat uit de stappen van het vormen van de platen voor een brandstofelementroosterconstructie, het vormen of aanbrengen van een aantal nokken in de platen welke uitsteken tot buiten de oppervlakken van de platen, en het vormen of aanbrengen van golfvormige uitstulpingen in de oppervlakken van de platen voor het teweegbrengen van een hydrodynamisch leisysteem, waarbij de golfvormige uitstulpingen afmetingen hebben welke een vooraf bepaalde drukval van het koelmiddel in de leiconstructie veroorzaken.

7512522

5. Kernreactoren voorzien van brandstofelementroosterplaten en/of brandstofelementroostercelconstructies volgens een of meer van de voorgaande conclusies.

7512522

FIG. 1

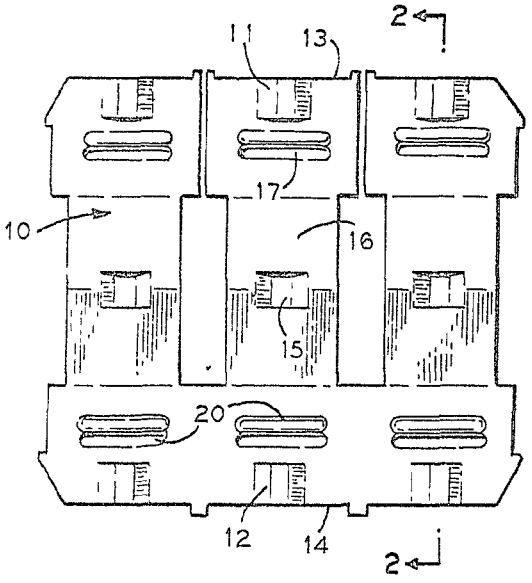

FIG. 2

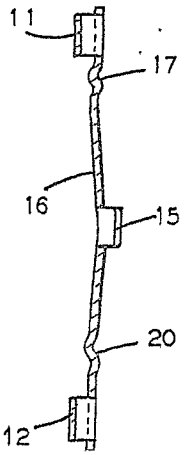
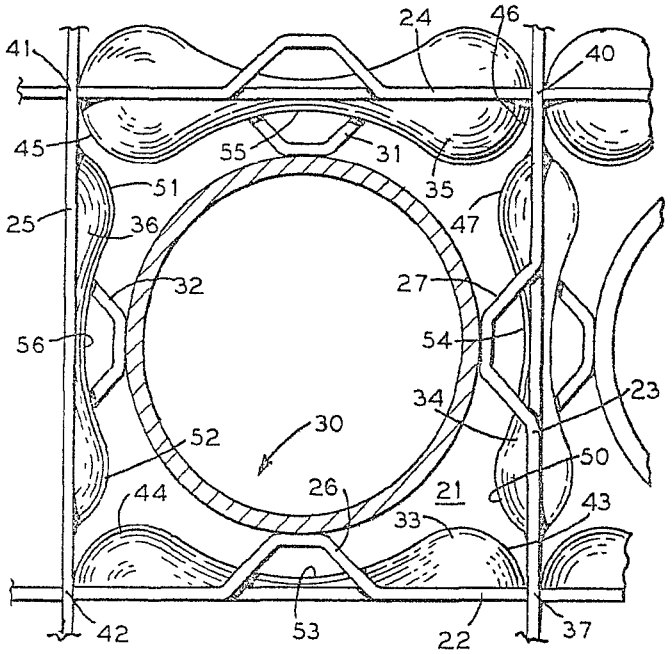
FIG. 3